

Планета Земля превращается в планету Вода

Человечеству придется столкнуться с избытком воды в океанах, но с недостатком питьевой воды

■ Череповский А.В., ЕАГО, г. Москва

Аннотация. Человечество изучает мировой океан с конца 15-го века, то есть со времени первых трансатлантических и кругосветных мореплаваний и Великих географических открытий. Но интенсивные инструментальные исследования мирового океана начались только в 1950-е годы. Было установлено, что современные океаны скрывают под собой довольно молодые впадины, возрастом не более 150-160 млн. лет, и геологическое строение океанского дна резко отличаются от того, что было известно о строении земной коры на континентах. Согласно современным космогеодезическим данным, уровень воды в океанах неуклонно поднимается, и глобальное потепление является далеко не единственной причиной этого явления.

Происхождение мирового океана

В фундаментальном двухтомнике «Мировой океан», изданном под эгидой РАН в 2013-14 гг., осторожно сказано, что «строгая модель геологической эволюции Земли пока ещё не разработана, и вопросы о происхождении и эволюции океана входят в перечень важнейших проблем геологии». Есть большой перечень вопросов, на которые пока нет однозначных ответов:

- как и когда образовалась первая вода на поверхности Земли;
- когда появились первые океаны как крупные впадины с водой на коре океанического типа;
- как во времени менялся объем и состав воды в океане;
- как во времени изменялась общая площадь океанов;
- и так далее.

О происхождении мирового океана в упомянутом двухтомнике сказано, что «теоретически есть два варианта, откуда могла появиться вода на поверхности Земли после её образования». Первый вариант — это вода выпала на поверхность планеты из её плотной первичной атмосферы после остывания поверхности нашей протопланеты до температуры ниже кипения воды. Второй вариант —

наоборот, что вода выделилась на поверхность молодой Земли и в атмосферу при кристаллизации океана магмы, который имел толщину не менее 200 км. Понятно, что для того, чтобы стать красивым эллипсоидом вращения, на раннем этапе вся Земля должна была быть расплавленной или достаточно вязкой.

Удары комет и астероидов не нужны?

Некоторые ученые также полагают, что довольно большой объем воды на древней Земле мог появиться благодаря ледяным кометам. Но новые данные опровергают эту гипотезу, поскольку установлено, что вода на астероидах и кометах отличается по изотопному составу от земной. В апреле этого года на англоязычном канале SPACE появилась статья под названием: «Удары астероидов не нужны: новое исследование говорит том, что вода образовалась в недрах молодой Земли». В статье говорится, что в отличие от популярной гипотезы о том, что ледяные кометы или астероиды принесли воду на сухую молодую Землю, в новом исследовании сделан вывод, что планета сама синтезировала первоначальный объем воды. А именно, на молодой планете в результате плотностной дифференциации выде-

лилось металлическое ядро, каменная мантия и мощная водородная атмосфера. Вода могла образоваться в результате химических реакций между богатой водородом атмосферой и огромным океаном магмы на поверхности планеты. В таких условиях вода стала естественным побочным продуктом химических процессов на поверхности планеты. В результате к нашему времени сформировалась преимущественно азотная атмосфера и водная оболочка.

Фиксизм, мобилизм или расширение Земли?

Как известно, тектоника литосферных плит – это доминирующая геодинамическая теория, которой было отдано предпочтение после длительных и острых дискуссий, продолжавшихся не одно десятилетие во второй половине 20-го века, особенно в СССР. Но в итоге сторонники мобилизма (то есть дрейфа континентов на планете фиксированного размера) взяли верх над фиксизмами (у которых континенты всегда оставались на своих местах), а также над сторонниками неуклонного расширения или пульсации нашей планеты. Понимание того, что лик Земли существенно менялся на протяжении всей её истории, было очень важным шагом в развитии геонаук в 20-м веке, и переход от фиксизма к мобилизму был назван важнейшей революцией в геологии.

Согласно мобилистам, мировой океан – такого же объема, как сегодня – сформировался не менее трех миллиардов лет назад. И тогда же будто бы начался дрейф континентов, между которыми неоднократно раскрывались и схлопывались океаны. Но многие российские геологи, изучая осадочные породы, пришли к выводу о том, что свободная вода на поверхности Земли появилась не

так давно, и эволюцию гидросферы Земли можно разделить на следующие этапы: 1) в верхнем рифее, менее 1 млрд лет назад, появились первые озёра и болота; 2) мелководные моря появились в начале фанерозоя, 300-400 млн лет назад; 3) образование глубоководных океанов началось менее 200 млн лет назад. Приведу цитату профессора геологического факультета МГУ, убежденного фиксизма, В.В.Белоусова, из его книги «Основы геотектоники» [2]. Книга была издана в 1975 году, в разгар его безуспешной борьбы с мобилистами, старавшимися донельзя упростить историю формирования земной коры и мирового океана. В своей книге Белоусов писал: «Весь объём океанских вод образовался за последние 200 млн. лет. Если допустить, что палеозойские моря покрывали 25% площади современной материковой коры, а средняя их глубина была 200 м, то объём свободной воды на Земле к началу океанообразования составлял всего 7% от современного».

Разнообразные геологические данные говорят именно о таком сценарии эволюции Земли. В первую очередь, об этом говорит карта возраста коренных пород на дне океанов. В.Ф.Блинов, один из самых ярких мыслителей 20-го века, еще в 1984 году вместе с французскими коллегами и Н.Я.Осипишиным выступил на 27-м международном геологическом конгрессе, который проходил в Москве, с докладом об ускоренном увеличении площади земной коры за счёт океанов [3]. Что может ждать нашу планету, если площадь её поверхности растёт по экспоненте в нашу кайнозойскую эру, то есть последние 65 млн. лет? Блинов написал книгу [4], название которой и является его ответом: «Растущая Земля: из планет – в звезды»! Разумеется, взгляды Блинова были слишком революционными для

абсолютного большинства геологов, которые к тому времени только перешли из лагеря фиксистов в лагерь мобилистов, и у которых Земля не меняла своих размеров.

Куда пропала древняя океаническая кора?

Хотя в современных океанах дно очень молодое по геологическим меркам (150–160 млн. лет), и нет доказательств существования древних океанов, мобилисты стоят на своём: «Древняя океаническая кора была. Но... она утонула!» И в апреле этого года появилась спасительная для мобилистов статья – сначала на англоязычном сайте LIVE SCIENCE («Живая наука»), а затем на русском языке на сайте «Моя планета». В названии на русском языке скромно написано, что «Вокруг Земли найдена древняя структура», но в английском оригинале прямо сказано, что «Ядро Земли охватывает древнее океаническое дно». Утверждается, что ученые в течение трёх лет регистрировали волны от землетрясений на 15 сейсмологических станциях в Антарктике, в результате чего «впервые получено высокоразрешающее изображение границы между ядром Земли и мантией. Обнаружен новый тонкий слой, залегающий на глубине примерно 2900 километров — там, где расплавленное металлическое внешнее ядро граничит с каменной мантией. Скорее всего, этот новый слой представляет собой древнюю океаническую кору, погребенную под другими слоями за многие миллионы лет истории Земли». Очень смелая интерпретация!

Как известно, при площадных сейсморазведочных работах на нефть и газ для достоверного картирования тонких пластов – скажем мощностью 30 м на глубине 3 км, то есть 1% от глубины

залегания, на поверхности земли раскладывают приемные расстановки с тысячами и даже десятками тысяч регистрирующих каналов, чтобы получить точную информацию о скоростях пробега волн и их коэффициентах отражения, что позднее конвертируется интерпретаторами в физические свойства пластов и позволяет оценить их пористость и нефтенасыщенность. А здесь говорится всего лишь о 15 пунктах наблюдения, разбросанных на тысячи километров вокруг Антарктиды... Не верится, что сейсмологические наблюдения по такой редкой сети пунктов наблюдения способны обеспечить надежное картирование относительно тонких пластов на таких огромных глубинах, не говоря уже о достоверном изучении их физических свойств.

Повышение уровня океана

Другое исследование, выполненное китайскими учеными совместно с нашим Юрием Баркиным из Государственного астрономического института им. Штернберга, являющегося подразделением МГУ им. Ломоносова, вызывает большее доверие и имеет более важные практические результаты. Их работа была опубликована на английском языке в журнале «Геодезия и Геодинамика». В кратком содержании читаем: «Хотя большинство ученых придерживается точки зрения, что в течение геологического времени Земля не меняла своих размеров и не подвергалась значительному расширению или сжатию, множество палеонтологических, палеомагнитных, палеоклиматических и геолого-геодезических данных свидетельствуют в пользу гипотез расширяющейся Земли. Данные спутниковой высотометрии, полученные в течение последних 20 лет, показывают, что твердая поверхность

Земли повышается на 0,24 мм/год. В то же время средний уровень моря поднимается на 3,2 мм/год, из которых 1,8 мм/год приходится на таяние ледников на суше. Также уровень океанов поднимается на 1,0 мм/год в течение последних 50 лет благодаря тепловому расширению воды. Остаются 0,4 мм в год повышения уровня океана по неизвестной причине. И в данном исследовании сделан вывод, что именно благодаря подъему новой глубинной воды поверхность океанов дополнительно поднимается на 0,4 мм/год в течение двух последних десятилетий.

Любопытно, что такие маленькие изменения уровня твёрдой поверхности Земли могут трактоваться совершенно противоположным образом. Точность определения высот по космогеодезическим данным на сегодняшний день равна 0,2 мм/год. Соответственно, противники расширения Земли заявляют, что Земля не расширяется с точностью до 0,2 мм в год. А сторонники расширения Земли могут говорить, что Земля расширяется на 0,2 мм в год. Если иметь в виду геологические масштабы времени – миллионы и даже миллиарды лет – то эти цифры имеют значение!

Море беспощадно наступает!

Уровень мирового океана, на самом деле, меняется гораздо быстрее, чем показывают результаты интерпретации космогеодезических данных. Мы видим множество примеров ощутимого подъема уровня моря в современную эпоху. Все знают, например, о борьбе Нидерландов с наступающим морем. С конца 19-го по конец 20-го века Нидерланды реализовали несколько грандиозных проектов по защите населения от наводнений (рис.1), и теперь общая длина дамб составляет 3500 км, из которых 1430 км — это речные дамбы, 1017 км — дамбы вокруг озёр, 430 и 260 км — это береговые дамбы и дюны соответственно. При отсутствии береговых укреплений около 70 % территории Нидерландов уже было бы затоплено морем (рис.2).

Изменения уровня мирового океана отслеживаются во многих странах с середины 19-го века. Установлено, что на протяжении прошлого 20-го века глобальный уровень моря повысился на 17 см (рис.3). С 1993 года имеются высокоточные спутниковые данные, согласно которым, как уже было сказано, уровень моря ежегодно повышается в среднем на

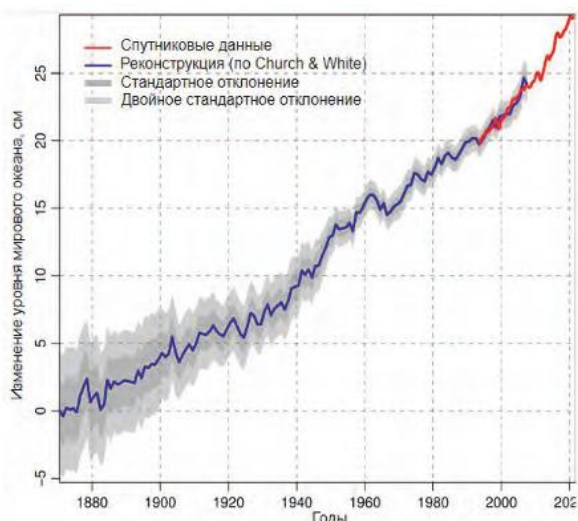


◀ Рис. 1.
Афслейтдейк –
дамба
длиной 30 км,
построенная
в Нидерландах
в 1927-33 гг.



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/The_Netherlands_compared_to_sealevel.png

▲ Рис. 2. При отсутствии береговых укреплений около 70 % территории Нидерландов было бы уже затоплено морем.



▲ Рис. 3. Неуклонное повышение уровня моря с середины 19-го века.
Источник: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/ru/thumb/a/a9/Sealevel-rise_1870-2009_ru.svg/600px-Sealevel-rise_1870-2009_ru.svg.png

3,2 мм. И высказываются прогнозы, что повышение уровня моря будет происходить всё быстрее, и к концу 21-го века уровень воды повысится на величину от 40 см до 2 м. Это станет очень серьезной проблемой для некоторых островных государств, расположенных на атоллах в Индийском и Тихом океанах. Ведь высота атоллов обычно не превышает 2-3 метра над уровнем океана (рис.4).



▲ Рис. 4. Мальдивская республика - крупнейшее в мире «коралловое» государство на группе атоллов. Подъем уровня мирового океана превратит столицу, город Мале, в новую Венецию уже к концу нашего века.

Майами останется без питьевой воды

Еще один проблемный регион – это полуостров Флорида. Точнее, его южная часть, где находится всемирно известный курорт Майами. Во избежание затруднений с автомобильным движением после сильных дождей и так называемых «королевских приливов», в Майами проезжую часть время от времени поднимают при обновлении дорог, но это



▲ Рис.5 . Во время сильных дождей и «королевских приливов» вода заливает улицы г. Майами на юге Флориды.

создает еще больше проблем для местных жителей, на участки и во дворы которых стекает еще больше воды (рис. 5). По этим причинам в этом году власти ужесточили требования к уровню первого этажа строящихся домов, и теперь пол первого этажа должен проектироваться на высоте 9 футов над уровнем моря, а не 8 футов как прежде.

Утверждается [5], что четверть домов в Майами окажется под водой до конца нашего века.

Проблема еще и в том, Майами лишится питьевой воды из-за подъема уровня океана. В южной части Флориды проблема обостряется из-за того, что высокая проницаемость водоносного горизонта Бискейн, используемого для обеспечения жителей пресной водой, делает его очень уязвимым для загрязнения соленой водой.

Проблемы снабжения жителей питьевой водой могут стать масштабными уже в ближайшие десятилетия.

Откуда берётся новая вода в океане?

Есть два очевидных источника дополнительной свободной воды на поверхности Земли: во-первых, человечество выкачивает из-под земли колоссальные объёмы грунтовых вод для промышленных и хозяйственных нужд; во-вторых, гейзеры и вулканы постоянно выносят воду на поверхность Земли.

Десять лет назад под эгидой Американского Геофизического Союза (AGU) была опубликована статья под названием «Выкачивание подземных вод даёт вклад в подъём глобального уровня моря» [5]. В статье было отмечено, что «большая часть подземных вод, выкачиваемых с целью орошения или снабжения питьевой водой, не попадает обратно в почву, а испаряется в атмосферу и возвращается на поверхность земли в виде осадков, в конце концов стекающих по рекам в океан и повышающих его уровень. Выкачивание подземных вод

приводило к повышению уровня моря на 0,035 мм/год в 1900 году и на 0,57 мм/год в 2000 году. И вероятно, этот показатель увеличится до 0,82 мм/год к 2050 году». В июне этого года вышла новая статья под эгидой AGU о существенном вкладе выкачивания подземных вод в подъем глобального уровня моря в период с 1993 по 2010 гг. В этой статье сказано, что «таяние полярных ледяных шапок и горных ледников, связанное с текущим потеплением климата, рассматривается как главная причина подъёма уровня моря. Но важную роль играет и антропогенный фактор из-за выкачивания подземных вод в целях орошения. В период с 1992 по 2010 гг. общий объем откачки подземных вод мог составить 2150 Гигатонн, что эквивалентно подъёму уровня моря более чем на 6 мм».

Вторая причина ускоренного повышения уровня моря – это вынос воды на поверхность Земли гейзерами и вулканами. Очень интересная и важная статья на эту тему опубликована в этом году Г.И.Арсановой [1], старшим научным сотрудником Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. После многолетних исследований камчатских гейзеров Арсанова пришла к мнению, сильно отличающемуся от общепринятых взглядов, поэтому ей пришлось опубликовать данную статью в специализированном периодическом Интернет-журнале «The scientific heritage». Как известно, гейзеры – это довольно редкое природное явление. Гейзеры возникают группами на небольшой площади в пределах гейзерного поля (или гейзерной площадки) вне зависимости от климатических условий местности – и в пустынях, и на побережьях морей, и высоко в горах. Гейзерных

площадок на всей Земле очень немного – известно всего шесть. Правда, есть еще редкие единичные выходы. Гейзеры «живут» недолго по геологическим масштабам: возраст имеющихся гейзерных полей оценивается от десятков до сотен тысяч лет. Это означает, что комплекс условий для возникновения гейзерной площадки складывается нечасто и существует недолго.

Основная ныне действующая гипотеза возникновения гейзеров – это гипотеза нагрева. Согласно данной гипотезе, сначала по открытым полостям и трещинам подземные воды опускаются в окружающие породы и обогащаются минеральной и газовой составляющей. Затем эти циркулирующие воды нагреваются о неглубокие магматические тела, и в результате происходит выброс горячей воды на поверхность. Но Арсанова пишет, что накопившийся фактический материал в эту гипотезу давно не вписывается, и что гейзерная вода имеет глубинное происхождение. Арсанова пришла к следующим выводам: «Наблюдаемый минеральный состав гейзерной воды не есть следствие контакта горячей воды - как растворителя - с вмещающими породами. Ранние представления о хлоре, как извлечённом из седиментационных вод - в прошлом, и ныне хлор гейзерной воды всеми признаётся глубинным. Уникален микрокомпонентный состав гейзерных вод как по набору, так и по высокому уровню содержания металлов. В гейзерной воде есть литий, рубидий, цезий, бериллий, ниобий, молибден, вольфрам, кадмий, бор, титан, свинец и много других элементов, включая уран. Содержания некоторых химических элементов настолько высоки, что

гейзерные воды представляют определённый интерес как источник попутного извлечения металлов. Например, воды Паужетского гидротермального месторождения ежегодно сливают в Мировой океан порядка 2,5 тонн цезия и 25 тонн лития. При мировой цене цезия 40 Евро за грамм, только на Паужетке в океан ежегодно вытекает 100 миллионов Евро! Главный вывод Арсановой: на земную поверхность действительно постоянно поступает новая вода, а часть поверхностной воды планету покидает - через атмосферу в космос.

Помимо гейзеров и вулканов, выбрасывающих глубинную воду на поверхность земли, есть и так называемые «чёрные курильщики» – это гидротермальные источники, приуроченные к осевым частям срединно-океанических хребтов на дне океанов. Из них в океаны поступает горячая минерализованная вода, часто с температурой выше двухсот градусов, и под высоким давлением, в сотни атмосфер. И эта вода отличается по составу от морской воды. Дно мирового океана еще недостаточно детально исследовано, чтобы сделать количественные оценки, какие объёмы воды поступают из «черных курильщиков» в мировой океан.

Реквием по Аральскому морю

Часто можно услышать возражение, что в одних местах уровень моря поднимается, а в других – снижается. Например, у всех на слуху история Аральского моря – но оно, по сути, является бессточным озером в Центральной Азии. На картах прошлого века Аральское море имело значительную площадь. Это было четвертое в мире озеро по площади. Но с

1960-х годов это озеро стало резко мелеть из-за возросшего потребления воды из рек Амударья и Сырдарья на орошение. В настоящее время обнажилось более 50 тысяч квадр. км бывшего морского дна, покрытого солью. Пыльные бури разносят соль на сотни км вокруг, ухудшая экологическую обстановку. Это отрицательный пример хозяйственной деятельности человека...

Хотя Россия, Бразилия и Канада являются государствами, которые лучше всего обеспечены пресной водой, эксперты ООН считают, что в этих странах может проявиться дефицит воды уже к 2040-му году, и советуют экономить на гигиене, принимать только короткий душ и уменьшать потери воды в доме. Генеральный секретарь ООН, Антониу Гутерриш, подчеркнул, что вода – это «кровь человечества», и она истощается из-за нерационального использования и загрязнения, а глобальное потепление увеличивает сезонную нехватку воды. Гутерриш отметил, что запасы пресной воды на планете в расчете на душу населения сократились за последние 20 лет более чем на 20%. В ООН обращают внимание на то, что свыше 3 млрд. человек в настоящее время живут в сельскохозяйственных регионах мира, где наблюдается нехватка воды.

Научный руководитель Института водных проблем РАН, Виктор Данилов-Данильян, также предупреждает: «Нужно аккуратнее относиться к тезису об обеспеченности водными ресурсами России. Страна хорошо обеспечена водными ресурсами. Но они распределены очень неравномерно. Так, в европейской части страны сосредоточено только 20% водных ресурсов, тогда как в 80% – в

азиатской части страны. При этом население и экономическая активность распределены ровно наоборот. В этом смысле, если в России потреблять воду будут «как попало», то страна может столкнуться с водным кризисом в европейской части РФ уже к 2040 году».

Беречь то, что имеем!

Несмотря на то, что согласно доминирующим научным представлениям мы живем на планете фиксированных размеров и с неименным объемом воды в океанах, новые исследования показывают, что лик Земли на самом деле непрерывно менялся в геологической истории Земли и меняется сейчас.

Но для того, чтобы сделать выводы о повышении уровня мирового океана и увеличении общего объема воды на Земле, нужны длительные наблюдения. Далеко идущие выводы пока делать рано. Геологам известно о многократных изменениях климата, оледенениях и глобальных колебаниях уровня мирового океана в различные геологические эпохи, так что сегодняшние тенденции могут оказаться кратковременными.

Главное – давайте беречь нашу уникальную планету и рассчитывать на то, что для наших потомков она будет таким же уютным домом.

Литература:

1. Арсанова Г.И., Концептуальная модель гейзерной геологической структуры. - The scientific heritage No.107 (2023), с.29-44.
2. Белоусов В.В., Основы геотектоники. – М.: Наука, 1975. 264 с.
3. Блинов В. Ф., Шубер Ю.А., Формюре А.М., Осипов Н.Я., Закономерность возрастного состава океанической

коры. – М.: // 27-й Международный геол. конгресс, 4 -14 августа 1984 г. Тезисы, секция 06, 07. с. 14-15.

4. Блинов В.Ф., Растущая Земля: из планет в звезды. – Киев, 2003, 272 с.

5. Lietz A.C., Dixon J., and Byrne M., Average Altitude of the Water Table (1990-99) and Frequency Analysis of Water Levels (1974-99) in the Biscayne Aquifer, Miami-Dade County, Florida – 2002, Tallahassee, Florida.

Подробнее об авторе:



Череповский
Анатолий Викторович

геофизик-сейсморазведчик,
канд. техн. наук, член
Евразийского
геофизического
общества (ЕАГО),
лектор ЦДУ РАН